

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Patentschrift**
(10) DE 197 57 526 C 1

(51) Int. Cl. 6:
B 21 C 37/20
F 28 F 1/42

(21) Aktenzeichen: 197 57 526.9-14
(22) Anmeldetag: 23. 12. 97
(43) Offenlegungstag: -
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 29. 4. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:
Wieland-Werke AG, 89079 Ulm, DE

(72) Erfinder:
Schütz, Gerhard, Dr.-Ing., 89269 Vöhringen, DE;
Beutler, Andreas, Dipl.-Phys.Dr., 89250 Senden, DE;
Brand, Karine, Dipl.-Ing., 89231 Neu-Ulm, DE;
Schwitalla, Andreas, Dipl.-Ing., 89186 Illerrieden, DE;
Knab, Manfred, Dipl.-Ing., 89160 Dornstadt, DE

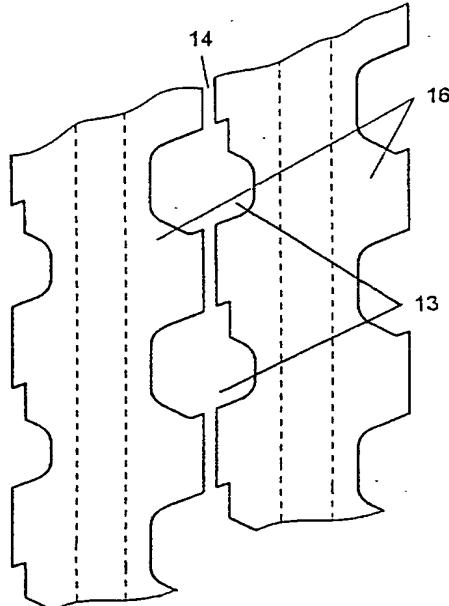
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	27 58 526 C2
DE	28 08 080 A1
US	50 54 548
US	46 60 630
US	45 77 381
US	42 16 826
US	36 96 861
US	33 27 512
US	18 65 575
EP	07 13 072 A2

(54) Verfahren zur Herstellung eines Wärmeaustauschrohres, insbesondere zur Verdampfung von Flüssigkeiten aus Reinstoffen oder Gemischen auf der Rohraußenseite

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmeaustauschrohres (1) mit einer hochporösen Oberflächenstruktur, insbesondere zur Verdampfung von Flüssigkeiten aus Reinstoffen oder Gemischen auf der Rohraußenseite.

Das Verfahren geht aus von einem Walzvorgang, durch den auf der Rohraußenseite schraubenlinienförmige Rippen (2) erzeugt werden, die ihrerseits in mehreren Stauchschritten mittels zahnradartiger Stauchscheiben (7, 8) derart verformt werden, daß die gebildeten Auskragungen (12a, 12b) jeweils einen Deckel (3a) für die zwischen den Rippen (2) befindlichen Kanäle (3) formen. Die hohe Porosität wird durch die verbleibenden Poren (13) und/oder Schlitze (14) erreicht (vgl. Fig. 4c).



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmeaustauschrohres, insbesondere zur Verdampfung von Flüssigkeiten aus Reinstoffen oder Gemischen auf der Rohraußenseite.

Die Erfindung betrifft speziell ein Verfahren zur Erzeugung von kanalartigen Strukturen auf der Außenseite von Rohren mit außenseitig aus der Rohrwand geformten Rippen. Diese Strukturen dienen der Intensivierung des Wärmeübergangs beim Verdampfen von Flüssigkeiten aus Reinstoffen und Gemischen auf der Rohraußenseite.

Verdampfung tritt in vielen Bereichen der Kälte- und Klimatechnik sowie in der Prozeß- und Energietechnik auf. In der Technik werden häufig Rohrbündelwärmeaustauscher verwendet, in denen Flüssigkeiten von Reinstoffen oder Mischungen auf der Rohraußenseite verdampfen und dabei ein auf der Rohrinnenseite strömendes Medium abkühlen. Solche Apparate werden als überflutete Verdampfer bezeichnet.

Durch die Intensivierung des Wärmeübergangs auf der Rohraußenseite und der Rohrinnenseite lässt sich die Größe der Verdampfer stark reduzieren. Hierdurch nehmen die Herstellungskosten solcher Apparate ab. Außerdem sinkt die notwendige Füllmenge an Kältemittel, die bei den heute überwiegend verwendeten chlorkreisfreien Sicherheitskältemitteln einen nicht zu vernachlässigenden Kostenanteil an den gesamten Anlagenkosten ausmachen kann. Bei toxischen oder brennbaren Kältemitteln lässt sich durch die Reduktion der Füllmenge das Gefahrenpotential herabsetzen. Die heute üblichen Rohre mit kanalartigen Strukturen auf der Rohraußenseite sind etwa um den Faktor drei leistungsfähiger als glatte Rohre gleichen Durchmessers.

Stand der Technik

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Rohren mit strukturierter Außenseite, wobei die Struktur zur Vergrößerung der Außenoberfläche und des Wärmeübergangskoeffizienten bei der Verdampfung von Flüssigkeiten auf der Rohraußenseite dient. Zur Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten bei der Verdampfung wird der Vorgang des Blasensiedens intensiviert. Es ist bekannt, daß die Bildung von Blasen an Keimstellen beginnt. Diese Keimstellen sind meist kleine Gas- oder Dampfeinschlüsse an der Oberfläche. Wenn die anwachsende Blase eine bestimmte Größe erreicht hat, löst sie sich von der Oberfläche ab. Wenn im Zuge der Blasenablösung die Keimstelle durch nachströmende Flüssigkeit geflutet wird, wird u. U. der Gas- bzw. Dampfeinschluß durch Flüssigkeit verdrängt. In diesem Fall wird die Keimstelle inaktiviert. Dies lässt sich durch eine geeignete Gestaltung der Keimstelle vermeiden. Hierzu ist es notwendig, daß die Öffnung der Keimstelle kleiner ist als die darunterliegende Kapazität, wie z. B. bei hinterschnittenen Strukturen.

Es ist Stand der Technik, derartige Strukturen auf der Basis von integral gewalzten Rippenrohren herzustellen, bei denen die Rippen aus der Rohrwand durch Walzen geformt werden. Unter integral gewalzten Rippenrohren werden berippte Rohre verstanden, bei denen die Rippen aus dem Wandungsmaterial eines Glattrohres geformt wurden. Für die Verwendung solcher Rippenrohre in Rohrbündelwärmeaustauschern ist es in vielen Fällen notwendig, daß der äußere Durchmesser des Rohres im berippten Bereich nicht größer ist als der Außendurchmesser der unberippten End- und Zwischenstücke des Rohres.

Es sind verschiedene Verfahren bekannt, mit denen die zwischen benachbarten Rippen befindlichen Kanäle derart verschlossen werden, daß Verbindungen zwischen Kanälen

und Umgebung in Form von Poren oder Schlitzen bleiben. Durch diese kann der Transport von Flüssigkeit und Dampf erfolgen. Insbesondere werden solche im wesentlichen geschlossene Kanäle durch Umbiegen oder Umlegen der Rippen (US 3 696 861, US 5 054 548), durch Spalten und Stauchen der Rippen (DE 27 58 526 C2, US 4 577 381), durch Kerben und vollständiges Stauchen der Rippen (US 4 660 630, EP 0 713 072 A2) oder durch Kerben und einseitig versetztes Stauchen der Rippen (US 4 216 826 und die parallele DE 28 08 080 A1) erzeugt.

Zur weiteren Steigerung der Wärmeübertragungsleistung ist es notwendig, die äußere Rohroberfläche und Anzahl der Kanäle durch die Zahl der Rippen pro Rohrlänge zu erhöhen. Um bei kleinem Rippenabstand gleichzeitig eine Struktur mit hoher Porosität (= relativer volumetrischer Hohlräumanteil der Kanäle) zu erzeugen, ist eine Reduktion der Rippendicke erforderlich. Damit stoßen die oben genannten Verfahren an die Grenze der Fertigungsstabilität:

Mit kleiner werdenden Abständen zwischen benachbarten

Rippen müssen die Werkzeuge zum Umlegen bzw. Umbiegen der Rippe (US 3 696 861, US 5 054 548) immer filigraner gestaltet werden. Aufgrund von unvermeidbaren, innerhalb technischer Toleranzgrenzen liegenden Schwankungen in den Abmessungen des Glattrohres (z. B. in der Wanddicke) treten entlang des Rohres Änderungen der beim Berippungsprozeß wirksamen Kräfte auf, die beim asymmetrischen Bearbeiten der Rippe (Umbiegen oder Umlegen) zu unerwünschten Unregelmäßigkeiten in der Schlitzbreite bzw. im Porenbild führen. Mit feiner werdender Struktur werden diese Unregelmäßigkeiten immer gravierender.

Bei dünnen Rippen ist ein mittiges Spalten der Rippe, wie in der DE 27 58 526 C2 und US 4 577 381 vorgeschlagen wird, unter Fertigungsbedingungen nicht mehr wirtschaftlich realisierbar.

Die Erfahrung zeigt, daß dünne Rippen beim Stauchvorgang umknicken oder in sich zusammensinken, wenn der Vorgang wie in der US 4 660 630 und EP 0 713 072 A2 beschrieben ausgeführt wird. Es kann damit keine Struktur hoher Porosität erzeugt werden.

Mit feiner werdender Außenstruktur, d. h. mit dünner werdenden Rippen, stellt die Reduktion der Stabilität der Rippe zunehmend die größte Schwierigkeit dar. Die Rippe sackt bei gleichzeitiger Verformung des gesamten oberen Rippenbereichs unter der Druckbelastung durch das Werkzeug in sich zusammen, statt einen Deckel über dem Kanal zu bilden. Es ist günstiger, die Verformung in Teilschritte zu zerlegen. Hierauf weist bereits DE 28 08 080 A1 hin. In der genannten Schrift wird vorgeschlagen, nicht die gesamte Rippe in einem Arbeitsgang zu verformen, sondern die

Rippe in sich zusammen, statt einen Deckel über dem Kanal zu bilden. Es ist günstiger, die Verformung in Teilschritte zu zerlegen. Hierauf weist bereits DE 28 08 080 A1 hin. In der genannten Schrift wird vorgeschlagen, nicht die gesamte Rippe in einem Arbeitsgang zu verformen, sondern die

Werkzeug zur Verformung so anzurordnen, daß nur eine Seite der Rippe bei einem Arbeitsgang verformt wird (siehe Fig. 2 und 14 der DE 28 08 080 A1). Mit diesem Verfahren wird die Rippe jedoch derart verformt, daß im Fall dicker Rippen die oberen Bereiche der Rippe verdickt werden, wie in Fig. 17 der DE 28 08 080 A1 dargestellt ist. Die Verdickungen der oberen Rippenbereiche sind in Patentanspruch 1 der parallelen US 4 216 826 explizit genannt. Es werden also keine dünnen Deckel über dem Kanal gebildet und die angestrebte hohe Porosität kann nicht realisiert werden. Im Fall dünner Rippen neigen diese dazu, bei in Axialrichtung einseitiger Druckverformung der Rippenspitze nach einer Seite auszuweichen. Damit ist dieses Verfahren bei dünnen Rippen nur äußerst schwer kontrollierbar und somit für eine Großserienfertigung ungeeignet.

Ferner wird in DE 28 08 080 A1 vorgeschlagen, die Rippen durch ein einziges, geeignetes Werkzeug zahnradartig zu verformen, so daß nach weiteren Bearbeitungsschritten Nuten in Axialrichtung des Rohres gebildet werden. Das bei

der zahnradartigen Verformung verdrängte Material liegt unter der äußeren Oberfläche des Rohres und dient also nicht dazu, Deckel über den Kanälen zwischen den Rippen zu bilden. Vielmehr reduziert es die Porosität und behindert ferner den Transport von Flüssigkeit in Umfangsrichtung in den Kanälen.

Der Erfundung liegt davon ausgehend die Aufgabe zugrunde, die zwischen benachbarten Rippen eines integral gewalzten Rippenrohres befindlichen Kanäle mit Material aus dem oberen Bereich der Rippen im wesentlichen zu verschließen und auf der Rohraußenseite eine Struktur hoher Porosität und Gleichmäßigkeit zu erzeugen, wobei das Verschließen der Kanäle mit möglichst geringem Materialaufwand erfolgen soll.

Die Aufgabe wird erfundungsgemäß durch ein Verfahren mit den Verfahrensschritten nach dem Patentanspruch 1 gelöst.

Beim abschnittsweisen Stauchen wird das Material der Rippe innerhalb begrenzter, durch die Stauchscheibe definierter Gebiete aus dem oberen Bereich der Rippe beidseitig in Axialrichtung verdrängt. Das verdrängte Material bildet über dem Kanal Auskragungen, die dazu benutzt werden, einen Deckel zu formen. Nach dem ersten Bearbeitungsschritt ist der Deckel nur in den Bereichen seitlich der bearbeiteten Abschnitte der Rippenspitze ausgebildet. In den nachfolgenden Bearbeitungsschritten werden die im ersten Stauchschritt nicht gestauchten Abschnitte der Rippenspitze teilweise oder komplett gestaucht und so die überdeckten Bereiche des Kanals ausgeweitet. Je dünner die Deckel der Kanäle sind, desto geringer sind Gewicht und damit Materialkosten des Rohres.

Durch eine hohe Porosität erreicht man eine große spezifische Kontaktfläche zwischen Rohr und umgebendem Medium und erhöht damit die aktive Wärmeübertragungsfläche für den Verdampfungsprozeß. Dieser Flächengewinn trägt zur Erhöhung des effektiven, auf die Hüllfläche bezogenen Wärmeübergangskoeffizienten bei.

Weitere Vorteilhafte Varianten des erfundungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 11, insbes. gemäß Anspruch 2 kann die Außenfläche des Rohres durch eine Glattscheibe konstanten Durchmessers eingeglätzt werden, um ein problemloses Einschieben des Rohres in den Rohrboden eines Rohrbündelwärmetauschers zu gewährleisten.

Bei geeigneter Werkzeuggestaltung können insbesondere die im ersten Stauchschritt erzeugten Auskragungen bis zur Mitte des Kanales vorspringen, so daß Auskragungen von benachbarten Rippen zusammentreffen und quasi eine Brücke über den Kanal bilden. Aufgrund zunehmender Materialverfestigung reichen die Auskragungen, die in den nachfolgenden Stauchschritten gebildet werden, weniger weit über den Kanal. Auf diese Weise ist es möglich, eine Oberflächenstruktur zu erzeugen, bei der die Kanäle über Poren mit der Umgebung in Verbindung stehen. Treffen die Auskragungen nach dem ersten Bearbeitungsschritt nicht zusammen, entsteht in den nachfolgenden Schritten eine Oberflächenstruktur mit schlitzartigen Öffnungen.

Die Erfundung wird anhand der folgenden Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 schematisch zwei Stauchscheiben mit schräg zur Scheibenachse verlaufenden Zähnen,

Fig. 3a-3c schematisch die Durchführung der einzelnen Stauchschritte,

Fig. 4a-4c eine Draufsicht auf die Rohroberfläche bei abstandeten Auskragungen und

Fig. 5a-5c eine Draufsicht auf die Rohroberfläche bei sich berührenden Auskragungen.

Die Herstellung eines integral gewalzten Rippenrohres 1 mit auf der Rohraußenseite schraubenlinienförmig umlaufenden Rippen 2 der Rippenteilung t, die unter Ausbildung von Kanälen 3 mit Kanaldeckel 3a verformt werden, erfolgt durch einen Walzvorgang (vgl. US 1 865 575 und US 3 327 512) mittels der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung.

10 Es wird eine Vorrichtung verwendet, die aus n = 3 Werkzeughaltern 4 besteht, in die jeweils ein Walzwerkzeug 5 und zwei zahnradartige Stauchscheiben 6/7 sowie eine Glattscheibe 8 konstanten Durchmessers integriert sind (in Fig. 1 ist nur ein Werkzeughalter 4 dargestellt. Es können aber beispielsweise vier oder mehr Werkzeughalter 4 verwendet werden). Die Werkzeughalter 4 sind jeweils um $\alpha = 360^\circ/n$ versetzt am Umfang des Rippenrohres angeordnet. Die Werkzeughalter 4 sind radial justierbar. Sie sind ihrerseits in einem ortsfesten (nicht dargestellten) Walzkopf angeordnet (nach einer anderen Variante wird das Rohr bei sich drehendem Walzkopf lediglich axial durch eine separate Vorrichtung vorgeschoben).

Das in Pfeilrichtung in die Vorrichtung einlaufende Glattrohr 1' wird durch die am Umfang angeordneten, angetriebenen Walzwerkzeuge 5 in Drehung versetzt, wobei die Achsen der Walzwerkzeuge 5 schräg zur Rohrachse verlaufen, um schraubenlinienförmige Rippen 2 erzeugen zu können. Die Walzwerkzeuge 5 bestehen in an sich bekannter Weise aus mehreren nebeneinander angeordneten Walzscheiben 9, deren Durchmesser in Pfeilrichtung ansteigt. Die zentral angeordneten Walzwerkzeuge 5 formen die schraubenlinienförmig umlaufenden Rippen 2 aus der Rohrwandung des Glattrohres 1', wobei die Rohrwandung im Umformbereich unter den Walzwerkzeugen 5 hier durch einen profilierten Walzdorn 10 abgestützt wird. Hierdurch entstehen gleichzeitig schraubenlinienförmig umlaufende Rippen 11 auf der Innenseite des Rohres 1.

Nach dem Herausformen der Rippen 2 mit der Rippenhöhe H werden teilweise offene Kanäle 3 durch folgende drei Stauchschritte erzeugt:

40 In einem ersten Stauchschritt werden die Rippen 2 durch die Zähne 6a einer ersten Stauchscheibe 6 am Umfang abschnittsweise um die radiale Stauchtiefe X gestaucht (vgl. Fig. 3a/4a/5a), dabei ist der Außendurchmesser der ersten Stauchscheibe 6 kleiner als der Durchmesser der letzten Walzscheibe 9. Es bilden sich Auskragungen 12a.

In einem zweiten Stauchschritt werden die noch nicht gestauchten Abschnitte 15a der Rippen 2 durch die Zähne 7a der zweiten Stauchscheibe 7 teilweise verformt (vgl. Fig. 3b/4b/5b), wobei die radiale Stauchtiefe Y mindestens so groß ist wie die radiale Stauchtiefe X beim ersten Stauchschritt. Es entstehen weitere Auskragungen 12b, und der Deckel 3a des Kanals 3 wird vergrößert.

Die Stauchscheiben 6, 7 weisen vorzugsweise 10 bis 30 Zähne 6a, 7a pro cm Umfang, insbesondere 14 bis 25 Zähne 6a, 7a pro cm Umfang, auf. Die Zähne 6a, 7a verlaufen parallel oder schräg unter dem Winkel α bzw. β (wie in Fig. 2 dargestellt) zur jeweiligen Scheibenachse.

Abschließend erfolgt eine Glättung der Rohroberfläche durch eine Glattscheibe 8, wobei die nach dem zweiten Stauchschritt noch nicht gestauchten Abschnitte 15b der Rippen 2 eingeglätzt werden und sich die endgültigen Poren 13 bzw. Schlitz 14 ausbilden, durch welche die Kanäle 3 mit der Umgebung in Verbindung stehen. Nach dem Glättvorgang weist die Außenseite des Rohres 16 keine Erhebungen mehr auf, wie in Fig. 3c/4c/5c dargestellt ist.

Die Fig. 4a/4b/4c zeigen den Fall, daß sich die Auskragungen 12a/12b benachbarter Rippen 2 nicht berühren, also

ein Schlitz 14 der Breite B' zwischen ihnen verbleibt. Diese Schlitzbreite B' kann bis zu 20% der offenen Kanalbreite B betragen.

Die Fig. 5a/5b/5c schließlich betreffen den Fall, daß sich die Auskragungen 12a benachbarter Rippen 2 berühren. 5

Zahlenbeispiel

Aus einem glatten Kupferrohr 1' werden durch einen Walzvorgang schraubenlinienartig umlaufende Rippen 2 herausgeformt, wobei die Rippenteilung $t = 0,41$ mm beträgt. Im nächsten Bearbeitungsschritt wird die Rippen spitze durch die erste Stauchscheibe 6 mit Durchmesser D = 35,0 mm abschnittsweise gestaucht. 10

Die auf dem Umfang der Stauchscheibe 6 gleichmäßig angeordneten 255 Zähne 6a verlaufen unter einem Winkel α von 40° schräg zur Scheibenachse. Die zweite Stauchscheibe 7 hat den gleichen Durchmesser D wie die erste Stauchscheibe 6 sowie die gleiche Anzahl Z von Zähnen 7a. Die Zähne 7a der zweiten Stauchscheibe 7 verlaufen ebenfalls schräg-zur Scheibenachse, ihre Orientierung ist jedoch der Orientierung der Zähne 6a der ersten Stauchscheibe 6 entgegengesetzt, so daß sich die Abdrücke der Zähne 6a und 7a auf dem Rohr kreuzen (siehe Fig. 1/4b/5b). Um ein regelmäßiges Bild auf der Rohroberfläche zu erzeugen, muß der Winkel β , den die Zähne 7a mit der Scheibenachse einschließen, nach folgender Formel berechnet werden: $\beta = \arctan(\pi \cdot D/(Z \cdot t) - \tan \alpha)$. Im vorliegenden Fall ergibt sich β zu $12,0^\circ$. 20

30

Vorteile des Herstellungsverfahrens

Mit dem genannten Herstellungsverfahren können Wärmeaustauscherrohre mit einer hochporösen Oberflächenstruktur gefertigt werden. Im vorliegenden Fall wurde ein Verdampferrohr mit einer derartigen Oberfläche basierend auf integral gewalzten Rippen mit einer Dicke in der Größenordnung von 0,1 mm gefertigt. Trotz der geringen Rippendicke gelang es, die Kanäle zwischen den Rippen mit dünnen Deckeln, die aus dem oberen Bereich der Rippe geformt wurden, im wesentlichen zu verschließen, ohne daß die Rippen zur Seite knickten oder in sich zusammensackten. 35

Als vorteilhaft erweist sich ferner, daß mit dem vorgeschlagenen Herstellungsverfahren Porenform und Porengröße durch die relative Anordnung der beiden Stauchscheiben 6 und 7 zueinander gezielt verändert werden können. Damit ist es möglich, die Struktur der Rohroberfläche den Einsatzbedingungen (verwendetes Medium, Drucklage, Leistungsdichte, etc.) optimal anzupassen. 40

40

50

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Wärmeaustauschrohres (1), insbesondere zur Verdampfung von Flüssigkeiten aus Reinstoffen oder Gemischen auf der Rohraußenseite, mit auf der Rohraußenseite schraubenlinienförmig umlaufenden, integralen, d. h. aus der Rohrwand herausgearbeiteten Rippen (2), die unter Ausbildung von zwischen den Rippen (2) befindlichen Kanälen (3) verformt sind, bei dem folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

55

a) Auf der Außenseite eines Glattrohres (1') werden schraubenlinienförmig verlaufende Rippen (2) geformt, indem das Rippenmaterial durch Verdrängen von Material aus der Rohrwandung mittels eines Walzvorgangs gewonnen wird und das entstehende Rippenrohr (1) durch die Walzkräfte

60

65

in Drehung versetzt und/oder entsprechend den entstehenden schraubenlinienförmigen Rippen (2) vorgeschoben wird, wobei die Rippen (2) mit ansteigender Höhe aus dem sonst unverformten Glattrohr (1') ausgeformt werden,

b) die Rohrwand wird im Umformbereich durch einen im Rohr liegenden Walzdorn (10) abgestützt,

c) nach dem Herausformen werden die Rippen (2) zur Ausbildung dazwischenliegender, teilweise offener Kanäle (3) einem Stauchvorgang unterworfen, wobei die Rippen (2) über ihre gesamte Breite in Axialrichtung in einem ersten Stauchschritt in Umfangsrichtung abschnittsweise mittels einer zahnradartigen Stauchscheibe (6) um die radiale Stauchtiefe X gestaucht werden, so daß Rippenmaterial beidseitig in Axialrichtung unter Ausbildung von Auskragungen (12a) verlagert wird, die den ersten Teil des Kanaldeckels (3a) bilden,

d) über die gesamte Breite der Rippen (2) in Axialrichtung wird mindestens ein weiterer Stauchschritt mittels einer zahnradartigen Stauchscheibe (7) um die radiale Stauchtiefe Y durchgeführt, die mindestens so groß ist wie die radiale Stauchtiefe X im ersten Stauchschritt, so daß der Kanaldeckel (3a) schrittweise durch Aneinanderfügen von Auskragungen (12a, 12b) gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als letzter Stauchschritt jeweils ein durchgehendes Glätten des Rohres (1) mittels einer Glattscheibe (8) konstanten Durchmessers erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die radiale Stauchtiefe X im ersten Stauchschritt 10 bis 50% der Rippenhöhe H beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen (2) im ersten Stauchschritt derart gestaucht werden, daß zwischen den Auskragungen (12a) benachbarter Rippen (2) ein Schlitz (14) der Breite B' verbleibt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzbreite B' bis zu 20% der offenen Kanalbreite B beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen (2) im ersten Stauchschritt derart gestaucht werden, daß sich die Auskragungen (12a) benachbarter Rippen (2) berühren.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Stauchscheiben (6, 7) mit jeweils 10 bis 30 Zähnen (6a, 7a) pro cm Stauchscheibenumfang verwendet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Stauchscheiben (6, 7) mit jeweils 14 bis 25 Zähnen (6a, 7a) pro cm Stauchscheibenumfang verwendet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß Stauchscheiben (6, 7) verwendet werden, deren Zähne (6a, 7a) parallel zur Scheibenachse verlaufen.

10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß Stauchscheiben (6, 7) mit schräg zur Scheibenachse verlaufenden Zähnen (6a, 7a) verwendet werden, wobei die Zähne (6a) der ersten Stauchscheibe (6) unter einem Winkel α und die Zähne (7a) der nachfolgenden Stauchscheibe (7) unter einem Winkel β zur Scheibenachse verlaufen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von Stauchscheiben (6, 7) desselben Durchmessers D und derselben Anzahl Z der Zähne (6a, 7a) die Winkel α und β nach folgender Formel:

5

$$\beta = \arctan (\pi \cdot D / (Z \cdot t)) - \tan \alpha$$

aufeinander abgestimmt werden, wobei t die Teilung
der Rippen (2) bedeutet.

10

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

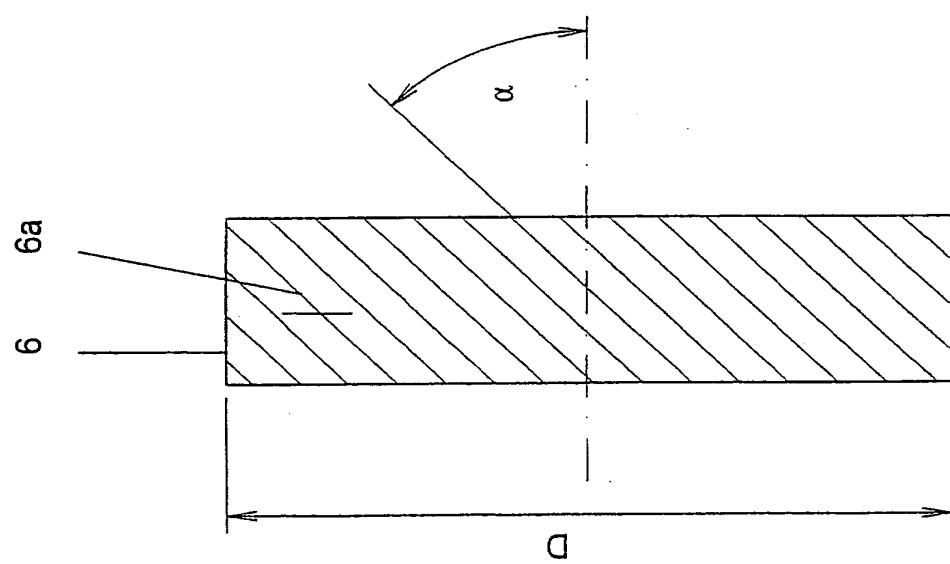
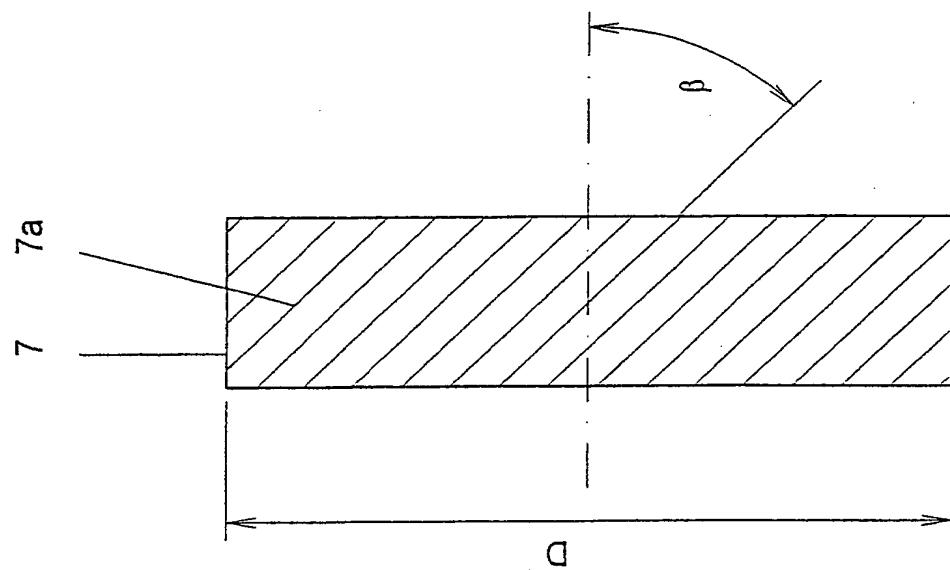


Fig. 2

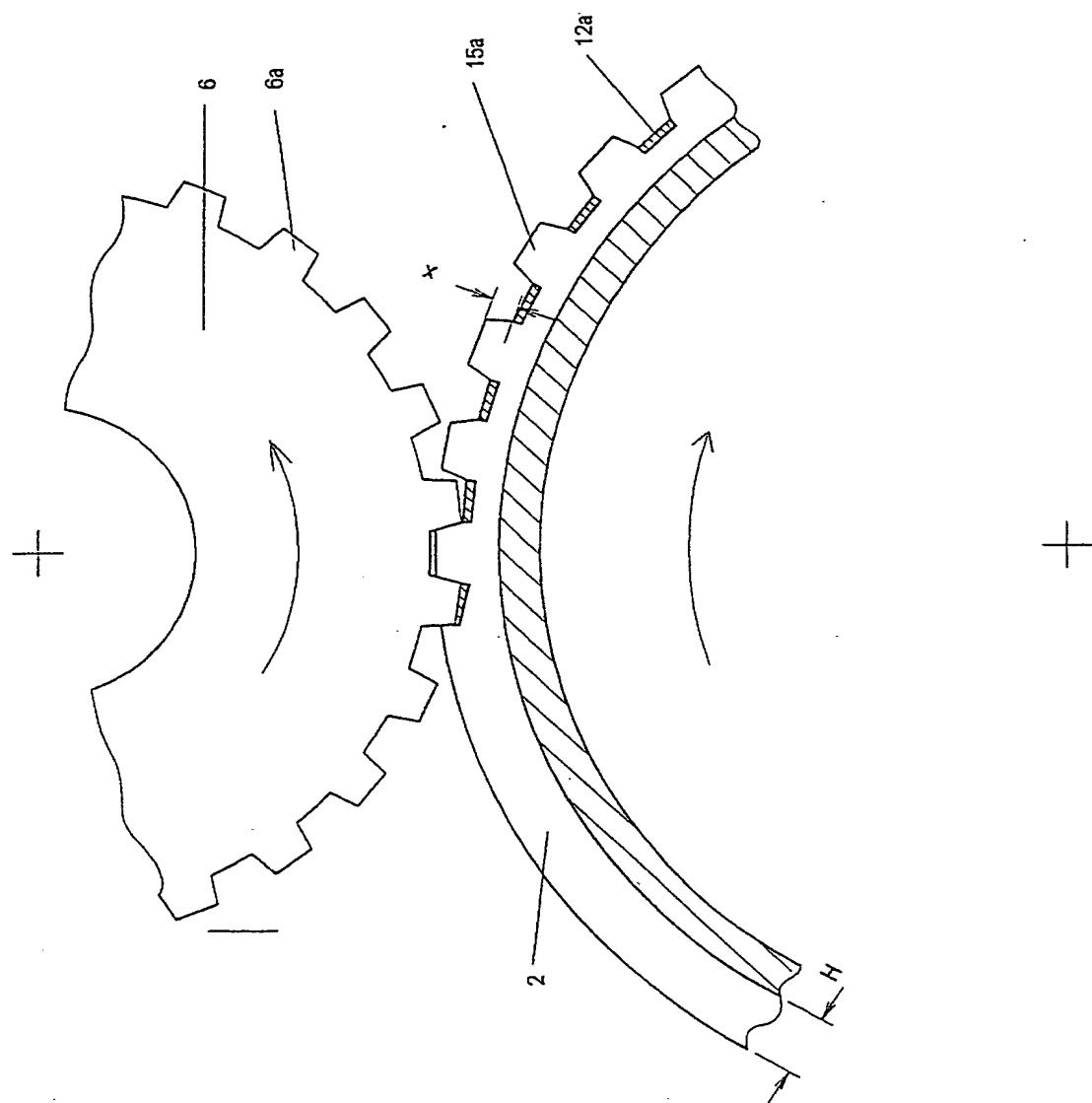


Fig. 3a

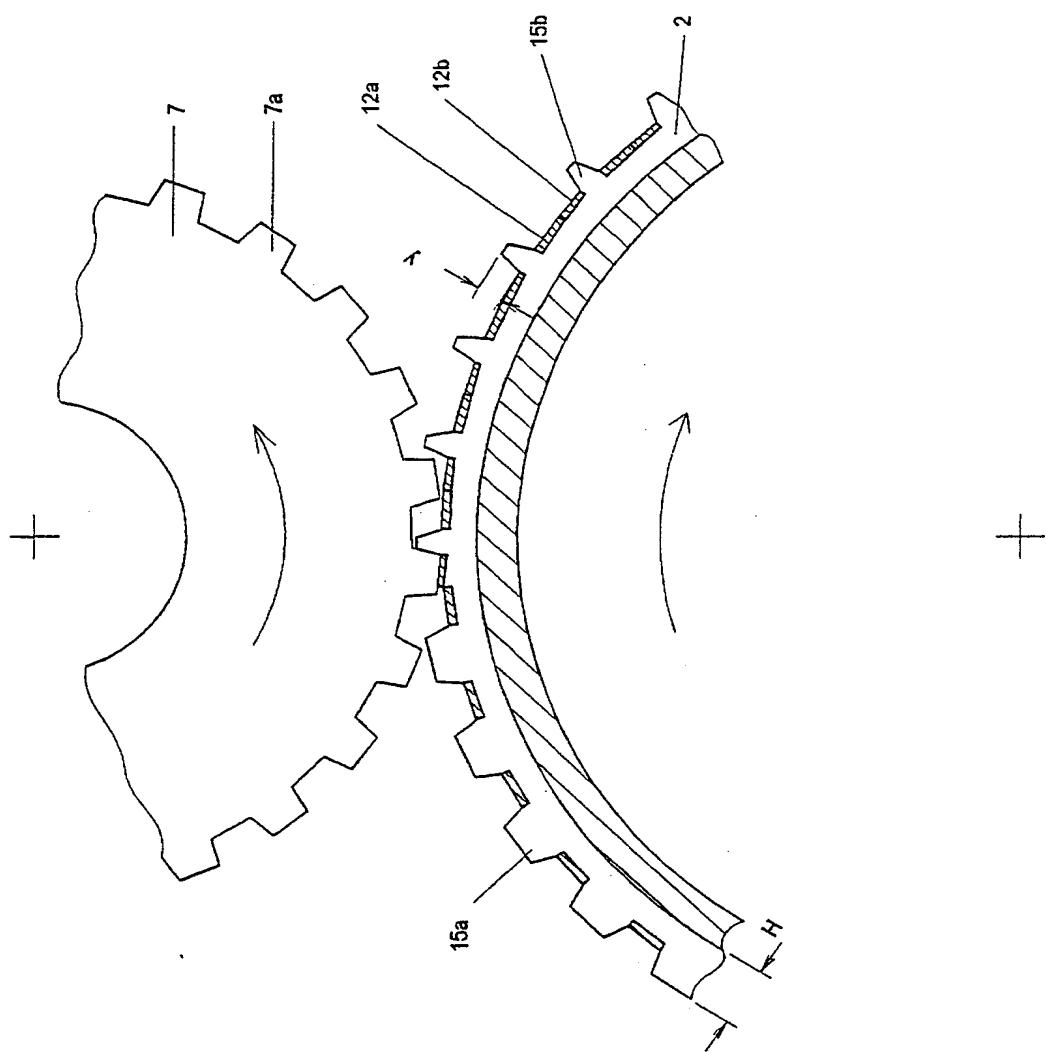


Fig. 3b

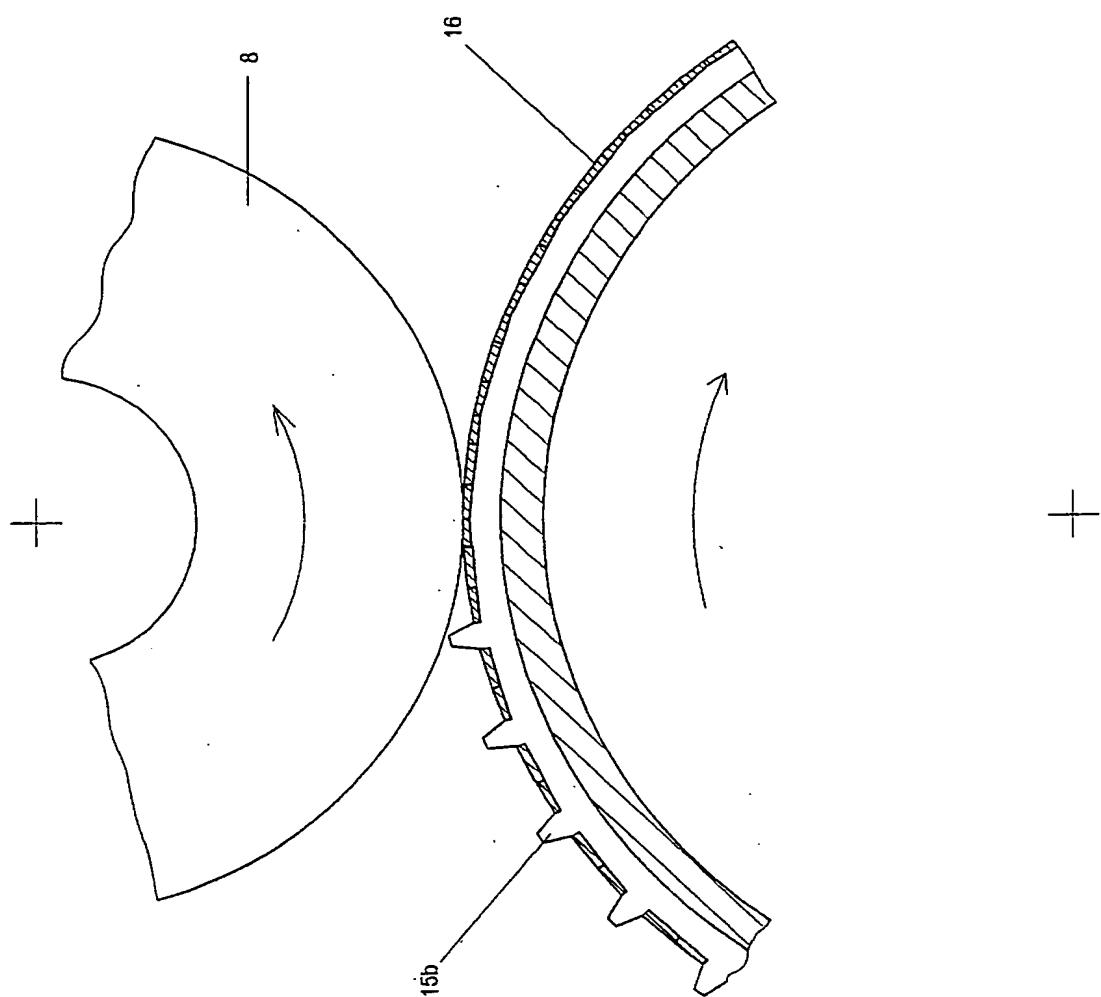


Fig. 3c

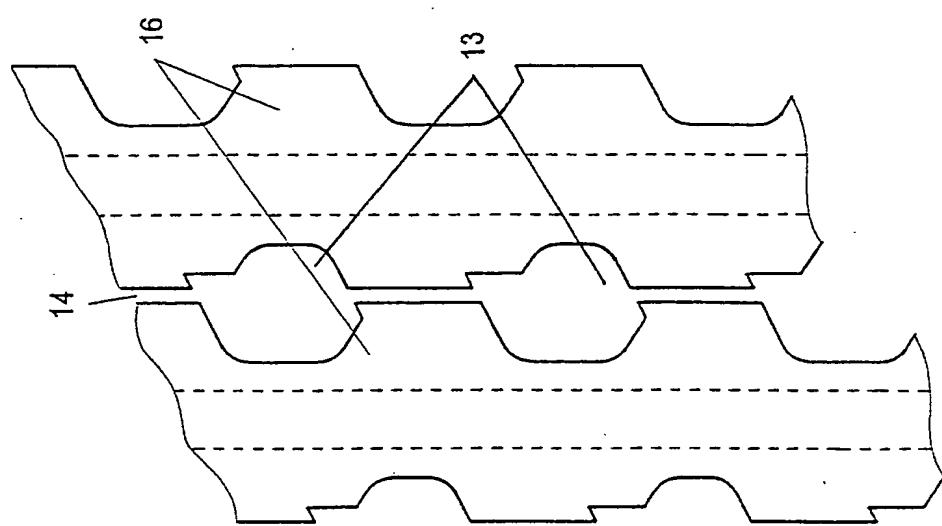


Fig. 4c

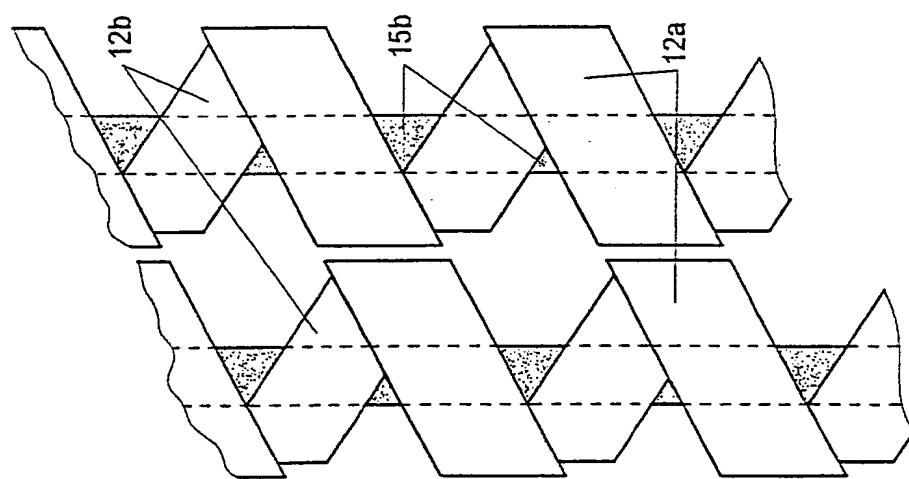


Fig. 4b

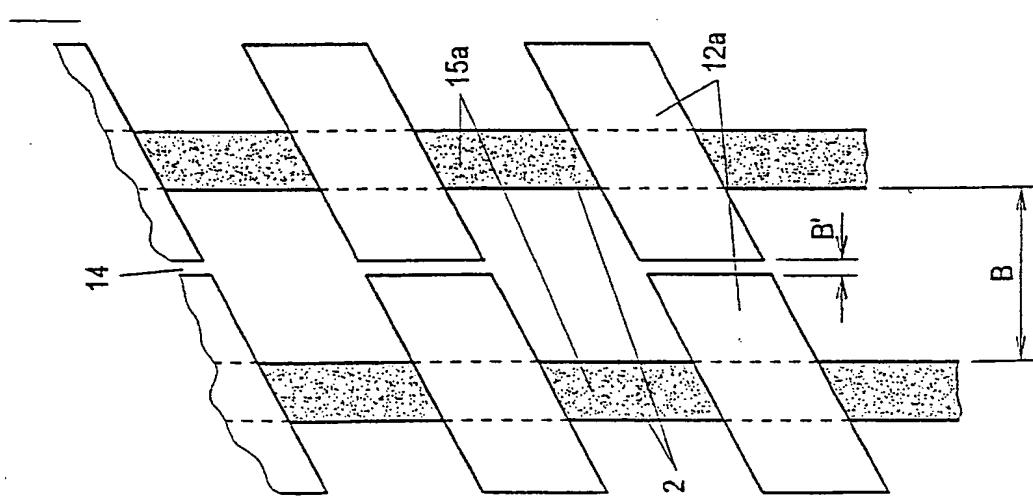


Fig. 4a

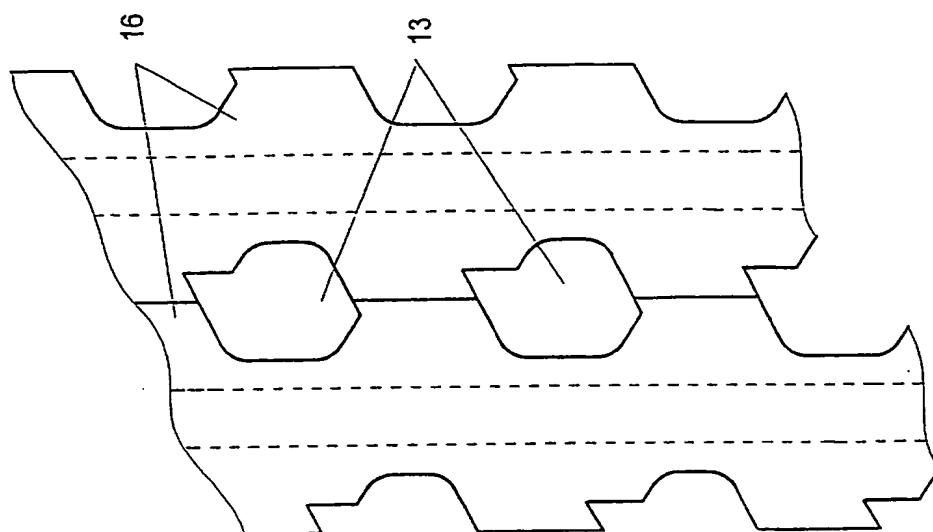


Fig. 5c

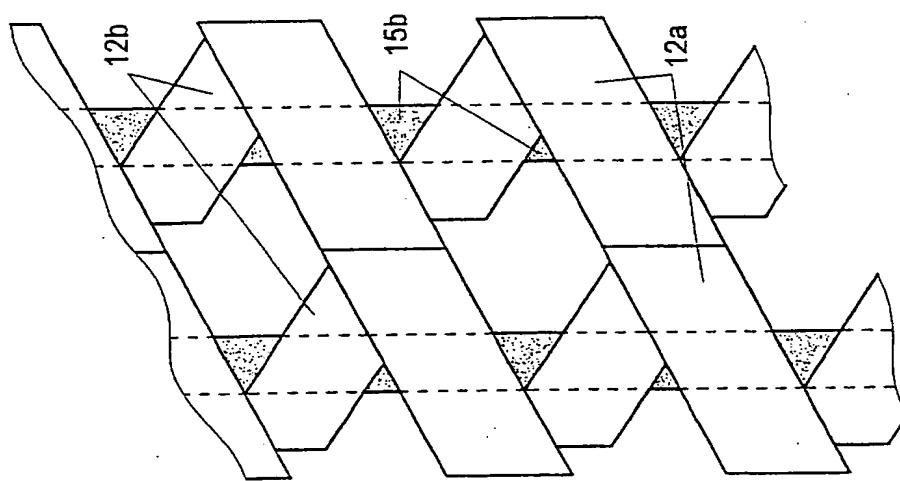


Fig. 5b

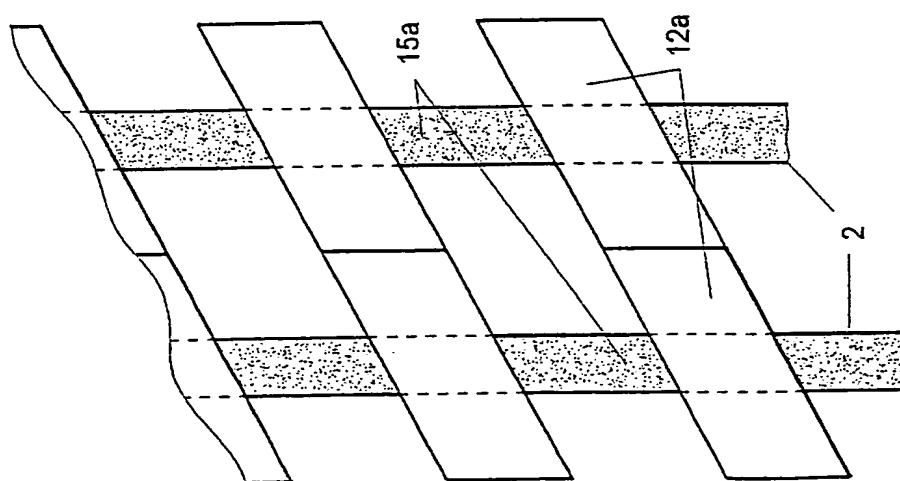


Fig. 5a

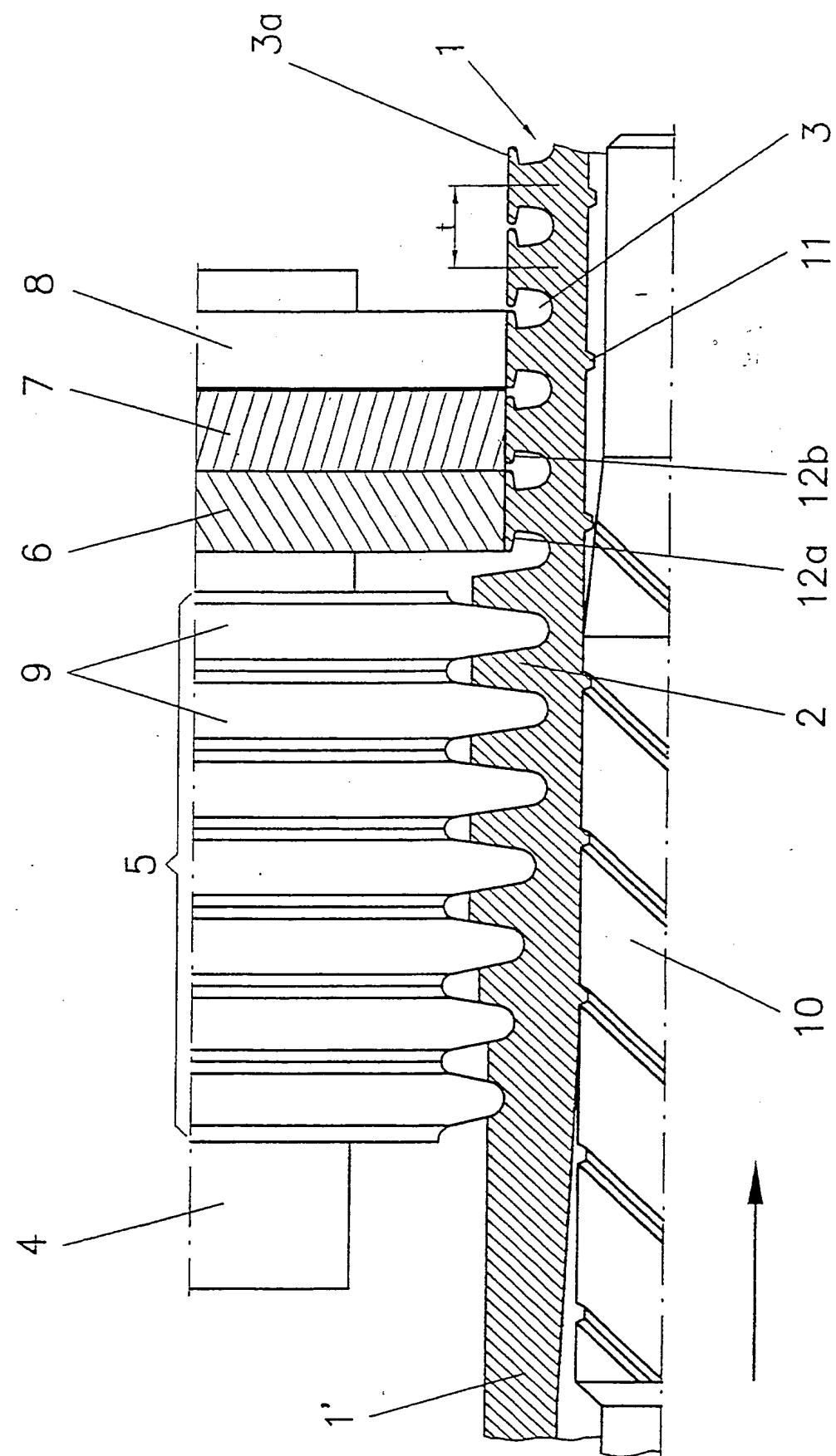


Fig. 1